



# L'apport de la simulation multi-agent du trafic routier pour l'estimation des pollutions atmosphériques automobiles

Justin Emery, Nicolas Marilleau, Nadège Martiny, Thomas Thévenin, Julien  
Villery

## ► To cite this version:

Justin Emery, Nicolas Marilleau, Nadège Martiny, Thomas Thévenin, Julien Villery. L'apport de la simulation multi-agent du trafic routier pour l'estimation des pollutions atmosphériques automobiles. Douzièmes Rencontres de Théo Quant, May 2015, Besançon, France. hal-01155367

**HAL Id: hal-01155367**

**<https://hal.science/hal-01155367>**

Submitted on 11 Jun 2015

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# L'apport de la simulation multi-agent du trafic routier pour l'estimation des pollutions atmosphériques automobiles

Justin EMERY<sup>1,3</sup>, Nicolas MARILLEAU<sup>2</sup>, Nadège MARTINY<sup>3</sup>, Thomas THEVENIN<sup>1</sup>, Julien VILLERY<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Université de Bourgogne, UMR ThéMA

<sup>2</sup> UMI 209 UMMISCO IRD/UPMC

<sup>3</sup> Université de Bourgogne, UMR Biogéosciences, CRC

<sup>4</sup> AASQA Atmosf'air Bourgogne

justin.emery@u-bourgogne.fr

nicolas.marilleau@ird.fr

nadege.martiny@u-bourgogne.fr

thomas.thevenin@u-bourgogne.fr

**Mots-clefs** - Pollution atmosphérique de proximité, Comptage routier, Simulation Multi-Agent, Modélisation des flux de transport routier

## Contexte et objectif de l'étude

La pollution atmosphérique est aujourd'hui considérée comme cancérigène pour la santé humaine (OMS, 2013). Avec le bruit, elle est l'une des premières nuisances directement ressenties par les populations en milieu urbain. Son évaluation présente un véritable enjeu pour les pouvoirs publics afin de mieux identifier ses sources, ses impacts en vue de définir des politiques territoriales (PDU, cadastre d'émission). A l'échelle locale, la pollution atmosphérique est à relier directement à l'intensité des sources d'émissions qui vont accentuer, ou non, la qualité de l'air extérieure (Elichegaray, 2010). En milieu urbain, le premier contributeur en émission de NO<sub>x</sub>, CO, ou PM<sub>10</sub> dans l'atmosphère est le trafic routier (CITEPA, 2014). L'évaluation de la Pollution Atmosphérique Automobile (PAA) à l'échelle d'une agglomération implique de disposer d'une information spatialisée du trafic sur les axes routiers (PCIT, 2012). La piste habituellement privilégiée pour y parvenir est d'utiliser les modèles de trafic et leurs résultats en vue d'alimenter un modèle d'émission des polluants atmosphériques.

La modélisation à quatre étapes reste l'outil le plus utilisé pour modéliser les dépla-

cements et mener des études d'impacts routiers en milieu urbain (Debizet, 2011), malgré des avancées scientifiques importantes dans le domaine des systèmes complexes, notamment avec les approches désagrégées (McFadden, 2000) et/ou agents (MATSIM ou SUMO). Les modèles de trafic routier issus de la modélisation à quatre étapes sont le résultat d'un processus de construction et de modélisation basé sur la demande et l'offre de déplacement (Bonnell, 2001). Il est alors nécessaire de faire appel aux données de comptages routiers pour calibrer et valider ces modèles agrégés et les données de trafic routier qu'ils produisent par simulation (SETRA, 2010).

Le rapprochement du modèle à la donnée de terrain est de première importance pour les études relatives aux impacts environnementaux du trafic routier. Dans le cadre de cette communication, nous proposons une approche désagrégée, dite « bottom up », où le véhicule est vu comme une entité en mouvement sur un réseau routier. Par l'évolution spatio-temporelle de l'ensemble de ces entités et leurs interactions nous cherchons à visualiser un trafic routier émergent représentatif pour évaluer la PAA. Cette approche repose principalement sur le paradigme agent et sur des données de comp-

tages routiers.

Nous appliquons ce travail à la ville de Dijon à partir de données réelles. À travers ce cas d'étude, nous souhaitons évaluer cette approche dite descriptive car basée sur des données de comptage routier présent sur le site d'étude. Cette étude s'intéresse donc à une échelle fine du territoire : autant d'un point de vue spatial que temporel. Elle vise à explorer les variations de concentrations en oxydes d'azote, conséquence directe de la circulation routière quotidienne. Ceci nécessite, dans un premier temps la mise en place d'un modèle multi-agents d'affectation qui permettra de reconstruire la fréquentation routière de la ville de Dijon à partir des données de comptage, puis dans un second temps, d'appréhender les émissions d'oxydes d'azote en lien avec l'automobile pour mieux identifier les 'hot-spot' (Roussel, 2001) de la qualité de l'air. Cette dernière étape reprend le processus de modélisation habituellement utilisé dans les AASQA (Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'Air) pour la mise en place des inventaires territoriaux d'émissions atmosphériques automobiles (PCIT, 2012) reposant sur la méthodologie européenne COPERT (Computer Programme to Estimate Emissions from Road Transport).

## Un modèle d'affectation des données de comptage routier

Notre méthode repose sur l'utilisation d'un réseau de 210 capteurs électromagnétiques placés sous la chaussée à l'échelle de Dijon et sa rocade. En complément des stations permanentes, la ville de Dijon réalise des comptages ponctuels sur des périodes plus courtes pouvant aller de 2 à 3 semaines. Sur la période 2006-2014, ceux-ci placés en 655 lieux différents offrent une ou plusieurs mesures pour tous les types de réseau routier de la ville (de la liaison résidentielle à la liaison nationale). Ces données offrent ainsi l'opportunité de mieux connaître la répartition du trafic sur les différents axes du site d'étude.

Les données sont structurées au sein d'un SIG-T (Goodwin, 2000) permettant l'interfaçage entre la localisation des postes de mesures (PM) et les données recueillies par la ville pour traiter les données de comptages d'un point de vue spatial mais aussi temporel. La figure ci-dessous illustre notre système de traitement de données. Deux modules se distinguent, le premier concerne la dynamique et la gestion des données de comptages recueillies au sein du Système de Régulation du Trafic (SRT) de la ville de Dijon qui sont ensuite stockées au sein d'une base de données. Le second permet de localiser et de mettre en œuvre la représentation des PM et de leurs données sur l'espace dijonnais.

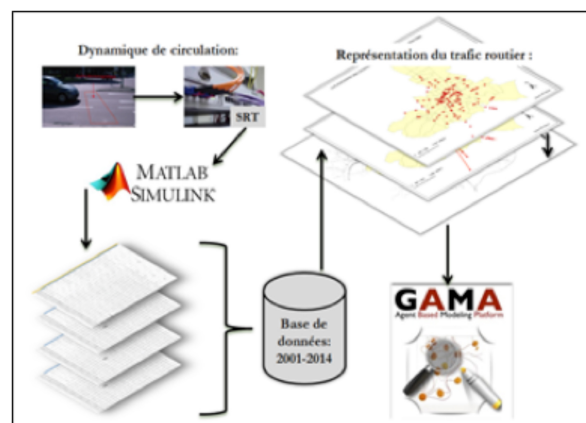


FIGURE 2 – : Schéma de traitement des données de comptages routier

L'enjeu du modèle multi-agent est de quantifier le trafic sur l'ensemble des tronçons d'un réseau routier à partir d'un signal ponctuel et épars, issu des données de comptage. Les SMA présentent l'avantage d'offrir un lien direct avec les SIG permettant, d'une part, d'inscrire des agents au sein d'un environnement géographique et, d'autre part, de reproduire la mobilité de ces agents par la description de leurs comportements dans un environnement (Marrilleau, 2006). De plus, les SMA offrent l'opportunité d'intégrer plus aisément la dimension temporelle d'objets géographiques permettant par nature de proposer une architecture spatio-temporelle de notre modèle de données (Paque, 2004). L'interfaçage entre les données géographiques et la simulation à base d'agents se fait par le biais de la plateforme GAMA (Taillandier et al, 2014).

Au sein du modèle de SMA, deux entités se distinguent pour affecter les données de comptage sur le réseau routier : i. l'environnement est le réseau routier issu de la BD Topo de l'IGN ; ii. les agents qui sont de deux natures, les PM générant les véhicules et les véhicules eux-mêmes se déplaçant sur le réseau routier. Cette approche dite cumulative permet d'insérer les véhicules au sein du réseau routier au fil de l'eau. Une fois générés, les véhicules se déplacent sur les tronçons (et de tronçon en tronçon) en tenant compte des interactions locales avec la voirie (hiérarchie) et les autres véhicules. Ils participent ainsi, par leur comptage sur chaque tronçon, à quantifier le trafic sur l'ensemble du réseau. Cette méthodologie permet, en outre, d'appréhender les flux de circulation routière qui interviennent sur le réseau capillaire ; et qui sont plus difficilement mesurables par l'emprise spatiale du réseau de mesure.

## Principaux résultats

d'apporter des éléments de validation du modèle multi-agent d'affectation du trafic. Cette étude visera à comparer les données produites par simulation aux données de terrain sur une journée type. Deux dimensions doivent être prises en compte : la première, temporelle, en vue de reproduire la courbe de la fréquentation routière en journée (matin, midi, soir) ; la seconde, spatiale, permettant de valider la fréquentation des axes.

Pour cela, la méthode de la validation croisée a été choisie. Deux échantillons de données ont été utilisés, l'un utilisé en entrée pour alimenter la simulation et l'autre en sortie pour être comparé avec les résultats de la simulation et évaluer/valider ceux-ci. Ils permettent d'apprécier la validité des simulations face à des données de référence qui ne sont pas intervenues dans le dispositif de simulation.

Les premiers résultats tendent à montrer une bonne conservation du signal issu des PM qui reste néanmoins sous-estimé face aux données de références. Sur le plan spatial, les résultats sont à nuancer. La fréquentation des axes se structure autour des axes les plus caractéristiques où la donnée est prépondérante. Toutefois, ces résultats spatiaux ne permettent pas de valider le trafic observé sur le réseau capillaire. D'autres efforts doivent être menés pour mieux valider cette partie spatiale. Ensuite, les répartitions spatio-temporelles du trafic, obtenues par simulation, alimenteront les modèles d'émissions atmosphériques. Ces derniers donneront une vision spatialisée des émissions d'oxydes d'azote sur la ville de Dijon dont les résultats préliminaires seront présentés. Ainsi, notre proposition tend à apporter une autre réponse dans une portée environnementale et plus spécifiquement pour la mesure de la pollution atmosphérique liée à la circulation routière en ville.

L'utilisation des comptages routiers révèle un véritable potentiel pour reproduire la circulation routière avec un processus de construction qui est moins chronophage qu'un modèle à quatre étapes. D'autant plus que notre approche est applicable à d'autres villes disposant des mêmes disposi-

tifs de comptage. Néanmoins, l'intégration de ces données eulériennes n'est pas sans contrainte car elle nécessite un prétraitement de la donnée, son recueil puis son affectation sur l'ensemble du réseau. Ce dernier pourrait être automatisé.

## Références

CITEPA, 2014 : Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique, (avril 2014). « Rapport d'inventaire national SECTEN ».

Debizet, 2011 : Debizet G. (2010). Crise ou mutation de l'expertise en transport et mobilité ? Action publique face à la mobilité, *Action publique face à la mobilité*, Paris, L'harmattan Ed. 2010, p.139-162.

Elichegaray, 2010 : Elichegaray, C. (2008). *La pollution de l'air : Sources, effets, prévention*. Dunod, Paris.

Goodwin, 2000 : Goodwin M.F. (2000) Gis and transportation : Status and challenges. *GeoInformatica*, Vol 4, n°2, p. 127-139.

MacFadden, 2000 : MacFadden D. (2000), Disaggregate behavioral travel demand's RUM side, a 30-year retrospective, *9th International Association of Travel Behavior Analysts*, Brisbane, Australia, vol.1, 38p.

Marilleau, 2006 : Marilleau N. (2006). *Méthodologie, formalismes et outils de modélisation-simulation pour l'étude des systèmes complexes : application à la mobilité géographique*. Thèse en informatique, Université de Franche-Comté.

OMS, 2013 : International Agency for Research on Cancer OMS (2013). IARC : Outdoor air pollution a leading environmental cause of cancer deaths, Article de presse n°221, Octobre 2013

Paque, 2004 : Paque D. (2004) Gestion de l'historicité et méthodes de mise à jour dans les SIG », *Cybergeo : European Journal of Geography* [En ligne], Cartographie, Imagerie, SIG, document 278, mis en ligne le 23 juin 2004 URL : <http://cybergeo.revues.org/2500>; DOI:10.4000/cybergeo.2500

Roussel, 2001 : ROUSSEL I. *L'air et la ville : Les nouveaux visages de la pollution atmosphérique*. Hachette Littérature. Paris : Hachette, 2001. 209 p.

SETRA, 2010 : SETRA, (2010). *Calage et validation des modèles de trafic. Techniques appliquées à l'affectation routière interurbaine* (Guide méthodologique). Juillet 2010. Paris

Taillandier et al, 2014 : Taillandier P. Gagnard A. Gaudou B. Drogoul A. (2014). Des données géographiques à la simulation à base d'agents : application de la plateforme GAMA. *Cybergéo : European Journal of Geography*, Document 671.